

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

**Návrh upínacího přípravku  
pro obrábění koncovek  
hydraulických hadic**

Holding Jig Proposal for Machining of Hydraulic  
Hose Termination

Student:

Petr Sysel

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

Ostrava 2010

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Sysel**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh upínacího přípravku pro obrábění koncovek hydraulických hadic**  
**Holding Jig Proposal for Machining of Hydraulic Hose Termination**

### Zásady pro vypracování:

1. Technologický postup výroby koncevky
2. Konstrukční návrh jednotlivých variant řešení.
3. Technické výpočty s ohledem na přesnost ustavení a spolehlivost upnutí.
4. Vytvoření výkresové dokumentace řešené varianty.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení navržené varianty řešení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

MRKVICA, M. *Připravky a obráběcí nástroje-II. díl Připravky*, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1988, 182 s.  
CHVÁLA, B., VOTAVA, L. *Připravky*, Praha: SNTL Praha, 1988, 214 s.  
NOVÁK, Z. Nové trendy ve vývoji upínacího nářadí, *MM Průmyslové spektrum*, 6/2002, s. 56-57, ISSN 1212-2572.  
DIETER, F. Spanntechnik und Automation wachsen zusammen, *Werkstatt und Betrieb*, 11/ 2007, s. 46-50, ISBN 0043-2791.  
NORMY, PROSPEKTY, KATALOGY


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr.Ing. Ivan Mrkvica**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



  
prof. Dr. Ing. Josef Brychta  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ... 18.5.2010 ..

.....  .....

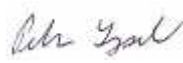
podpis studenta

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé kvalifikační práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .. 18.5.2010 ...

.....  .....

Petr Sysel

Adresa trvalého pobytu diplomanta: **Petr Sysel**

**Pavlov 141**

**789 85 Mohelnice**

## ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

SYSEL, P. Návrh upínacího přípravku pro obrábění koncovek hydraulických hadic: Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2010, 48 s. diplomová práce, vedoucí Mrkvica, I.

Diplomová práce se zabývá řešením problému upínání koncovek na hydraulické hadice v podniku MEZ Mohelnice, s.p. na základě dodaného vzorového kusu koncovky.

V první části se zabývám návrhem jednotlivých variant upnutí. Do druhé části jsem zařadil rozpracování konkrétní vybrané varianty upínacího přípravku včetně působení sil. Poslední část je zaměřena na zhodnocení úspor z hlediska upínacího času.

## ANOTATION OF THESIS

SYSEL, P. Holding Jig Proposal for Machining of Hydraulic Hose Termination, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2010, 48 s. Diploma work, head Mrkvica, I.

Diploma thesis is dealing by problem solving of hydraulic hose termination in MEZ Mohelnice, s.p. on base of supplied sample piece of termination.

In first part, I am dealing proposal of single clamping versions. Concretely chosen variants of clamping jig, forces application including, are in chapter 2. Last part is focused on saving estimation from the point of view clamping time.

# Obsah

Seznam použitých zkratk.....	2
<b>1 Úvod .....</b>	<b>4</b>
<b>2 Cíl diplomové práce.....</b>	<b>5</b>
<b>3 Představení firmy MEZ Mohelnice, s.p.....</b>	<b>6</b>
<b>4 Výkres součásti .....</b>	<b>7</b>
4.1 Návrh technologického postupu .....	8
4.2 Materiálové hodnoty.....	9
4.3 Návrh a výpočet parametrů .....	9
<b>5 Návrh variant upínacích přípravků .....</b>	<b>14</b>
5.1 Varianty upnutí za vnější průměr polotovaru .....	14
5.2 Varianty upnutí za vnitřní průměr polotovaru.....	16
5.3 Uložení přípravku na stroji .....	21
<b>6 Popis pracovního cyklu stroje.....</b>	<b>23</b>
6.1 Ustavovací a upínací roviny.....	23
6.2 Prostřížení profilového otvoru .....	24
6.3 Prostřížení otvoru v plášti koncovky .....	25
6.4 Zarovnání koncovky na daný rozměr .....	26
<b>7 Technické výpočty upnutí.....</b>	<b>27</b>
7.1 Rozložení sil obrábění .....	27
7.2 Upínací síly.....	35
<b>8 Ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>37</b>
<b>9 Závěr.....</b>	<b>40</b>
Seznam použité literatury .....	42
Seznam příloh .....	43

## Seznam použitých zkratk

$D, d$	- průměr .....	[mm]
$E$	- modul pružnosti v tahu .....	[MPa]
$F$	- síla .....	[N]
$F_c$	- složka řezné síly .....	[N]
$F_f$	- složka posuvové síly .....	[N]
$F_o$	- ovládací síla .....	[N]
$F_p$	- složka pasivní síly .....	[N]
$F_s$	- skutečná střižná síla .....	[N]
$F_t$	- teoretická střižná síla .....	[N]
$F_u$	- upínací síla .....	[N]
$F_{vp}$	- výpočtová síla .....	[N]
HB	- tvrdost podle Brinela .....	[HB]
$L, l$	- délka .....	[mm]
$M_k$	- krouticí moment .....	[N · m]
$M_T$	- třecí moment .....	[N · m]
$R_m$	- mez pevnosti v tahu .....	[MPa]
$R_p$	- nejnižší mez kluzu .....	[MPa]
$S$	- průřez .....	[mm <sup>2</sup> ]
$J_s$	- moment setrvačnosti segmentu .....	[mm <sup>4</sup> ]
SK	- slinutý karbid .....	[-]
RO	- rychlořezná ocel .....	[-]
ROS	- svařování ruční obalenou elektrodou .....	[-]
TIG	- svařování wolframovou elektrodou .....	[-]
MAG	- svařování v aktivní atmosféře .....	[-]
MIG	- svařování v inertní atmosféře .....	[-]
$a_p$	- hloubka řezu .....	[mm]
s.p.	- státní podnik .....	[-]
$f$	- posuv na otáčku .....	[mm]
$f_c$	- celkový průhyb segmentu .....	[mm]
$n$	- otáčky .....	[ot · min <sup>-1</sup> ]
$v_c$	- řezná rychlost .....	[m · min <sup>-1</sup> ]
$v_f$	- posuvová rychlost .....	[m · min <sup>-1</sup> ]
$k_c$	- měrný řezný odpor .....	[-]



$b_d$	- šířka řezu .....	[mm]
$h_d$	- tloušťka řezu .....	[mm]
$p$	- tlak .....	[Pa]
$k$	- koeficient bezpečnosti.....	[-]
$r$	- poloměr.....	[mm]
$\Phi$	- označení průměru .....	[mm]
$f_z$	- posuv na zub.....	[mm]
$t$	- tloušťka .....	[mm]
$q_1$	- rázový součinitel .....	[-]
$q_2$	- bezpečnostní součinitel.....	[-]
$\alpha$	- úhel.....	[°]
$\sigma_T$	- obvodové napětí .....	[MPa]
$\sigma_R$	- radiální napětí .....	[MPa]
$\sigma_D$	- dovolené napětí .....	[MPa]
$\tau_D$	- dovolené smykové napětí .....	[MPa]
$\tau_S$	- mez pevnosti ve stříhu .....	[MPa]
$\tau_{max}$	- maximální smykové napětí.....	[MPa]
$\varepsilon_T$	- poměrná deformace .....	[mm]





# 1 Úvod

Vývoj obráběcích strojů stále vzrůstá, jejich výkony, jako jsou posuvy, otáčky, téměř okamžitá výměna nástroje, plynulé natáčení vřeten ve více osách, mnohočetné zásobníky nástrojů, dokonalejší softwary, krokové motory, zvyšují přesnost vyráběných součástí a zkracují hlavní výrobní časy. Tyto stroje dovedou realizovat nejružnější pohyby a vytvářet tvarově složité plochy. Mohli bychom tedy říci, že stroje jsou schopny opracovávat součásti ze všech stran. Při klasickém standardizovaném upínání, jako jsou svěráky, sklíčidla, upínky a jiné, se někdy tyto dovednosti eliminují.

Musíme ale mít na paměti, že kromě zkracování hlavních výrobních časů je nutné se zaměřit na zkrácení vedlejších časů, a to hlavně na ustavování a upínání výrobků na obráběcím stroji.

Proto se pro určité výrobky konstruují speciální přípravky pro ustavení a upínání součástí, aby se minimalizoval počet přepínání, zvýšila přesnost výrobků, zkrátily vedlejší časy, zvýšila produktivita práce a využilo se všech možností, které je daný stroj schopen realizovat. Přípravky nám odstraňují některé operace, jako jsou orýsování, ustavení na stroji a následné seřízení.

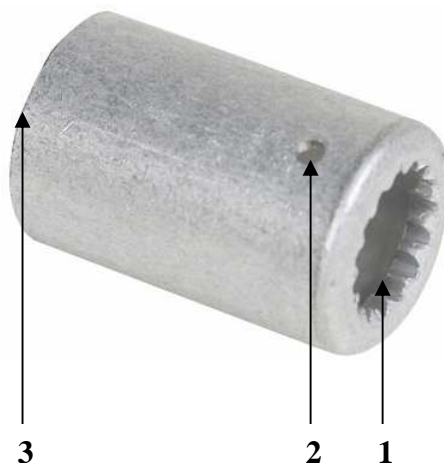
Pro jakýkoliv proces strojního obrábění je rovněž nezbytné, aby ustavování a upínání na stroji bylo snadné, rychlé, bezpečné, spolehlivé, a během procesu nesmí obrobek měnit svou polohu.

I u nejmodernějších strojů je otázka upínání pomocí přípravku víc než nutná, protože právě správně navržený a zkonstruovaný upínací přípravek nám mnohonásobně snižuje vedlejší časy, snižuje pracnost výroby, a hlavním úkolem je zvýšit produktivitu a snížit náklady na výrobu i přes náklady do přípravku vložené.

## 2 Cíl diplomové práce

Cílem diplomové práce je navrhnout upínací přípravek na opracování výtažku koncovky hydraulických hadic pro MEZ Mohelnice, s.p. Tato firma vyrábí speciální poloautomatický stroj na zpracování polotovaru koncovky hydraulických hadic pro klimatizační techniku, na kterém se mají provádět tyto tři operace:

- 1) Prostřížení tvarového profilu na čele koncovky
- 2) Zhotovení malého otvoru v plášti koncovky
- 3) Zarovnání koncovky na daný rozměr



Obr. 2.1 Koncovka hydraulických hadic

Právě pro tyto operace je úkolem navrhnout takový upínací přípravek, který bude schopen umožnit při jednom upnutí výtažku koncovky hydraulických hadic realizovat všechny tyto operace.



### 3 Představení firmy MEZ Mohelnice, s.p.



Firma MEZ Mohelnice, s.p. má sídlo v Mohelnici na ulici Masarykově 33 v okrese Šumperk. Firma je zaměřena na částečně opakovatelnou a kusovou výrobu. Jejich hlavní výrobní program je výroba:

- převodovek elektromotorů
- paketovacích strojů
- navíječek
- zatahovaček
- strojů pro tvarování statorových cívek
- strojů pro zpracování izolací
- výrobních linek
- dopravníků
- ostatních strojů (např. kotoučové nůžky, ožehlovačka vinutí, .....).

Firma má toto výrobní zařízení:

obrobna - vybavení: obráběcí centra

soustruhy

odvalovací, svislé i horizontální frézky

brusky

svařovna - vybavení: MIG/MAG

TIG

ROS

svařování plamenem

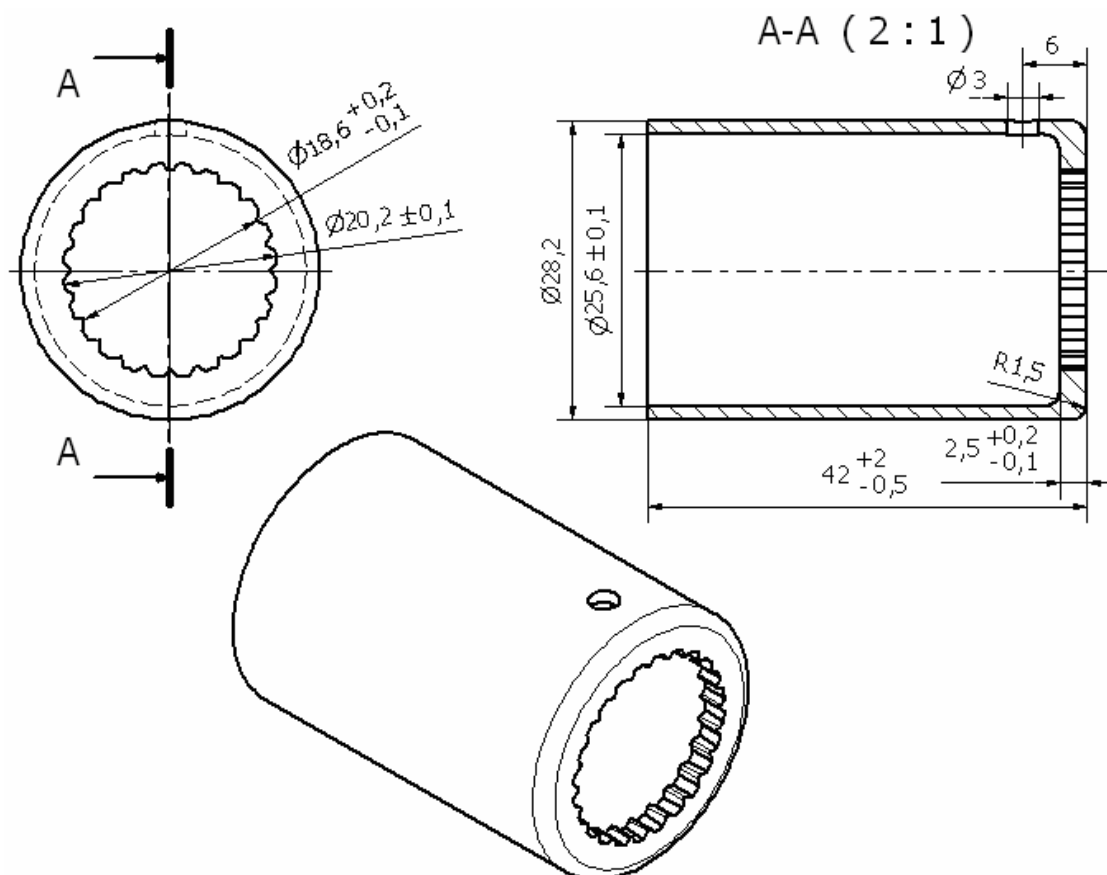
mechanická dílna

lakovna

otryskávání

tepelné a povrchové úpravy, které nejsou schopni svými prostředky zajistit, řeší pomocí kooperací.

## 4 Výkres součásti

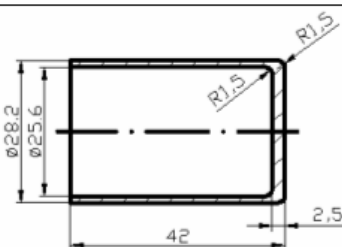
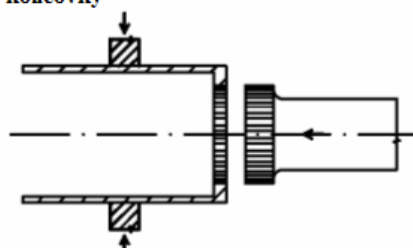
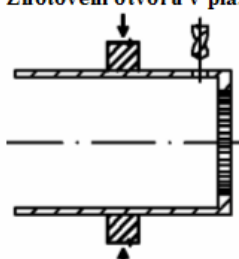
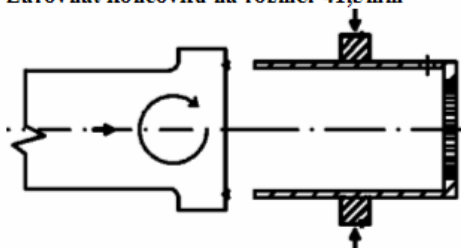


### Reálný polotovár a hotový výrobek



Obr. č. 4.1 Reálný polotovár a hotový výrobek

## 4.1 Návrh technologického postupu

Výrobní postup	Název součásti: Koncovka	Listů: 1	List: 1
<b>Materiál:</b> AlMn1		<b>Polotovar:</b> 	
<b>Hmotnost hrubá:</b> kg	<b>Hmotnost čistá:</b> kg	<b>Třída odpadu:</b> 001	<b>Výrobní dávka:</b>
<b>OPERACE</b>	<b>POPIS PRÁCE:</b>	<b>nástroje:</b>	<b>Výrobní podmínky:</b>
<b>PRACOVISTĚ</b>	<b>VYOBRAZENÍ:</b>	<b>pomůcky:</b>	
		<b>měřidla:</b>	$f_{ot}/f_z$ [mm] $a_p$ [mm] $v_c$ [m · min <sup>-1</sup> ] $n$ [ot · min <sup>-1</sup> ]
1.1	<b>Prostřížení profilového otvoru ve dně koncovky</b> 	Stroj, profilový střížník	Minimální střížná síla 37,6kN
1.2	<b>Zhotovení otvoru v plášti koncovky</b> 	Vrták Ø3mm, posuvku	0,04 26,76 2840
1.3	<b>Zarovnat koncovku na rozměr 41,5mm</b> 	Tvarová fréza  Tvarový nůž	0,15 1,3 177,18 2000 0,15 1,3 251,6 2840

U poslední operace zarovnání koncovky na daný rozměr uvádím řezné podmínky pro frézování i soustružení, jelikož navrhuji dvě varianty řešení upínání a každá jednotlivá varianta vyžaduje odlišný obráběcí nástroj, a tudíž i rozdílné řezné parametry.

## 4.2 Materiálové hodnoty

### Materiálové hodnoty výrobku.

Výtažek je z tvářené slitiny hliníku AlMn1 (ČSN 424432)

Tento materiál má tyto základní parametry:

### Chemické složení:

Mn	Mg	Si	Fe	Cu	Zn	Cr	Al
0,9-1,5%	0,30%	0,50%	0,70%	0,10%	0,20%	0,10%	96,6-97,2%

Pevnost v tahu  $R_m$ : 150MPa

Tažnost: 20%

Tvrdost: 20 – 30 HB

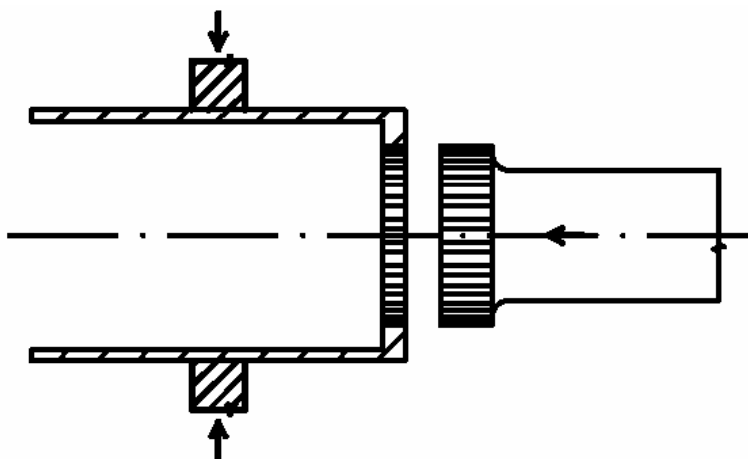
Nejnižší mez kluzu  $R_p = 100$  MPa

Modul pružnosti v tahu  $E = 70$  GPa

[10]

## 4.3 Návrh a výpočet parametrů

### 1) Prostřížení profilového tvaru na čele koncovky



Obr. č. 4.3.1 Prostřížení profilového čela koncovky

Pro prostřížení profilového tvaru jsem uvedl výpočet střížné síly:

$$F_t = l \cdot t \cdot \tau_s \quad l - \text{délka střížné hrany}$$

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m \quad t - \text{tloušťka}$$

$$\tau_s = 0,8 \cdot 150$$

$$\tau_s = 120 \text{ MPa} \quad \tau_s - \text{mez pevnosti ve stříhu}$$

[11]

$$F_t = l \cdot t \cdot \tau_s = 89,4 \cdot 2,5 \cdot 120 = 26,82 \text{ kN} - \text{teoretická střižná síla}$$

[11]

$$F_s = k \cdot F_t = 1,4 \cdot 26820 = 37,55 \text{ kN} - \text{skutečná střižná síla}$$

## 2) Zhotovení otvoru v plášti koncovky

Pro tuto operaci volím dvě varianty. Tento otvor nemá žádnou opodstatněnou funkci, slouží jen jako kontrolní pro správné zasunutí hydraulické hadice.

### a) Vyvrtání otvoru

Na stroji budou použity základní řady elektrických motorů a jednoduché převody. Z tohoto důvodu tyto parametry neodpovídají předepsaným hodnotám, které tento materiál a průměr vrtáku vyžadují při běžném obrábění na obráběcím stroji. Navrhuji tyto parametry pro vrtání po konzultaci s technologem v podniku.

**Použitý nástroj - šroubovitý vrták Ø 3mm.**

Materiál – RO

Počet otáček –  $n = 2840 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

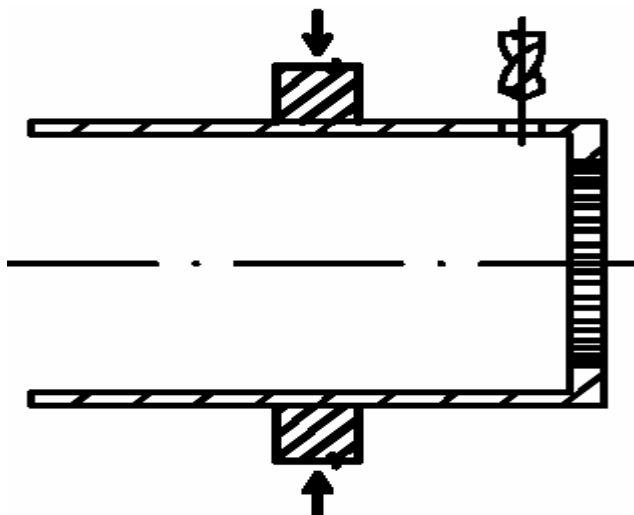
Posuv na otáčku –  $f = 0,04 \text{ mm} \cdot \text{ot}^{-1}$

Řezná rychlost –  $v_c = 26,766 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 3 \cdot 2840}{1000}$$

$$v_c = 26,76 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

[2]



Obr. č. 4.3.2 Vrtání otvoru v plášti koncovky

Po zkoušce vrtání zkušebních otvorů na plášti koncovky se objevily jisté problémy, a to, že při vrtání se vytlačovala tříska do vnitřního prostoru koncovky. Takto vzniklý vnitřní otřep se obtížně odstraňoval a bránil správnému zasunutí hydraulické hadice na dno koncovky. Kromě vnitřního otřepu se vytvořil otřep samozřejmě i na plášti koncovky, které se musely následně odstranit. Z těchto důvodů se hledalo vhodné řešení a varianta, aby se tyto vzniklé problémy odstranily. Proto byla provedena změna v technologickém postupu zavedením prostřížení otvoru místo vrtání, které tyto problémy odstranilo. Z vyplynulých opatření a změn uvádím další výpočty, které jsou s prostřížením otvoru v plášti koncovky spjaté.

#### b) Prostřížení otvoru

##### Výpočet střížné síly:

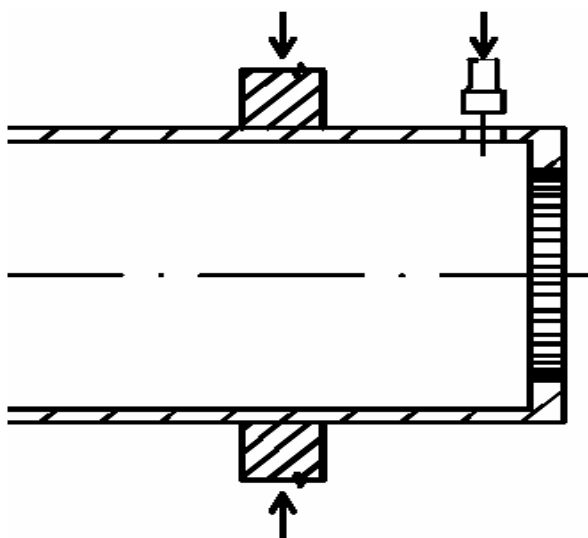
$$F_t = l \cdot t \cdot \tau_s$$

$$F_t = 9,424 \cdot 1,3 \cdot 120$$

$$F_t = 1470,14 \text{ N}$$

$$F_s = k \cdot F_t = 1,4 \cdot 1470,4 = 2,06 \text{ kN}$$

[11]



Obr. č. 4.3.3 Prostřížení otvoru v plášti koncovky



### 3) Zarovnání koncovky na daný rozměr

Pro tuto operaci rovněž navrhuji dvě varianty a to tyto:

#### a) Zarovnání na daný rozměr rotačním tvarovým nástrojem (frézou)

Pro tuto operaci frézování, která se realizuje frézou  $\varnothing 28,2$  mm, navrhuji tyto parametry:

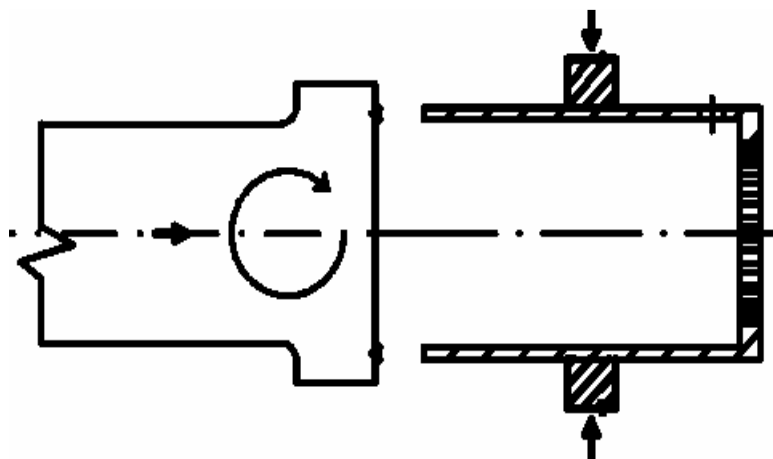
Materiál – fréza s vyměnitelnými destičkami ze SK

Počet otáček –  $n = 2000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Posuv na zub –  $f_z = 0,15 \text{ mm}$

Řezná rychlost –  $v_c = 177,18 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 28,2 \cdot 2000}{1000} \quad [2]$$
$$v_c = 177,18 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$



Obr. č. 4.3.4 Zarovnání koncovky tvarovou frézou

#### b) Zarovnání na daný rozměr nerotačním nástrojem (tvarový nůž)

Pro tuto operaci, která se realizuje tvarovým nožem pro soustružení, navrhuji tyto parametry:

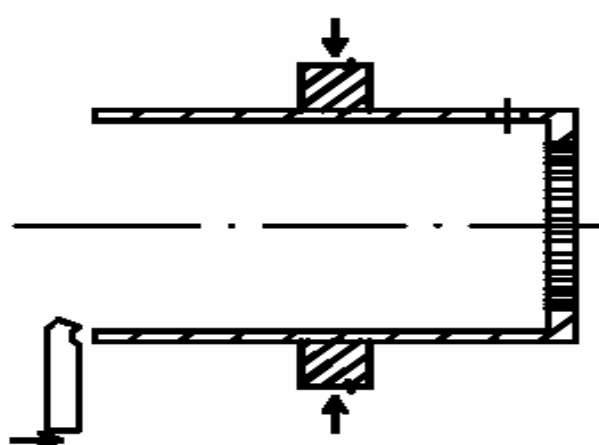
Materiál – RO

Počet otáček –  $n = 2840 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

Posuv na otáčku –  $f = 0,15 \text{ mm}$

Řezná rychlost –  $v_c = 251,6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 28,2 \cdot 2840}{1000} \quad [2]$$
$$v_c = 251,6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$



Obr. č. 4.3.5 Zarovnání koncovky tvarovým nožem

Tyto parametry neodpovídají optimálním parametrům, které daný materiál vyžaduje, právě s ohledem na konstrukci stroje a z důvodů, které byly již uvedeny na začátku kapitoly.

## 5 Návrh variant upínacích přípravků

U této součásti volím dva způsoby upnutí:

- 1) za vnější průměr součásti
- 2) za vnitřní průměr součásti

Pro odlišné způsoby upínání obrobků do přípravku byly vytvořeny jednotlivé varianty řešení s vyjádřením výhod a nevýhod, které byly předloženy k posouzení, ke konzultaci a výběru konkrétní varianty firmě MEZ Mohelnice, s.p. Právě na základě těchto variant a dalších ovlivňujících faktorů se rozhodli konstruktéři firmy MEZ Mohelnice, s.p., která varianta bude použita pro upínání těchto koncovek.

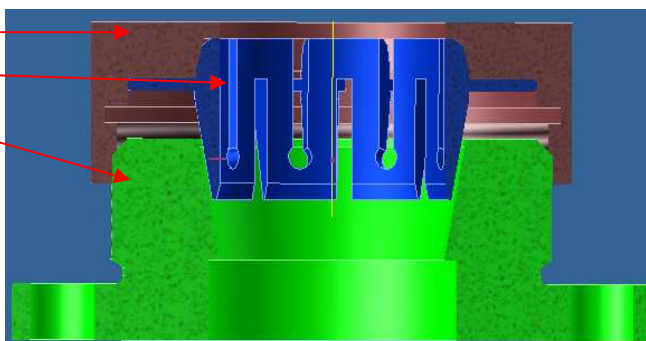
### 5.1 Varianty upnutí za vnější průměr polotovaru

Před samostatnými návrhy variant upínání koncovek hydraulických hadic jsem vypustil na základě informací a doporučení od technologa z firmy MEZ Mohelnice, s.p. varianty upnutí za vnější průměr polotovaru do různých prizmatických čelistí či svěráku, z důvodu vyzkoušení tohoto způsobu upnutí, které vykazovalo patřičné problémy a značné otázky na konstrukční provedení a přizpůsobení do poloautomatického provozu výroby. Největší potíže se týkaly deformace a poškození koncovky při upínání. Z tohoto důvodu jsem se tímto způsobem a principem upínání nezabýval, i když jsem po seznámení se s tímto úkolem nad touto variantou uvažoval jako nad prvním možným způsobem upínání.

Zvolil jsem upnutí do specifické kleštiny, která je opatřena lemem. Tento lem byl navrhnout pro zvětšení kontaktní plochy při působení matice na kleštinu při utahování matice.

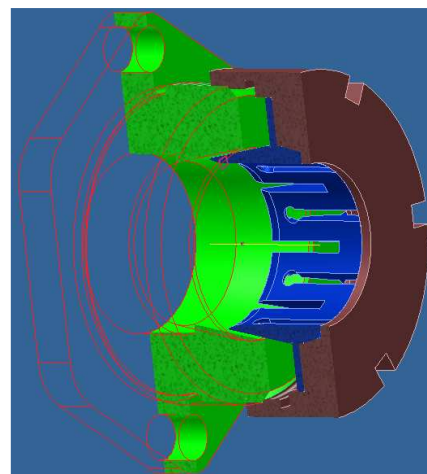
**1. varianta** - přípravek je konstruován pro upevnění na stroji pomocí šroubů, které procházejí přes otvory v přírubě. Přípravek se skládá z těchto částí:

- upínací matice
- kleština
- upínací příruba





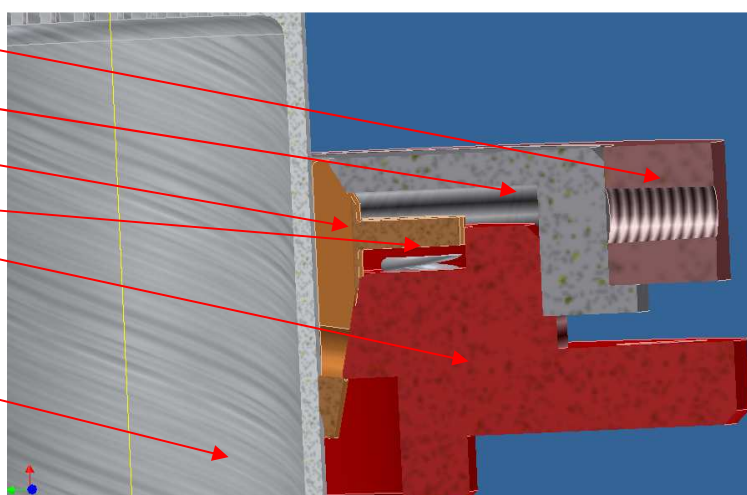
Obr. č. 5.1.1 Upínací kleština



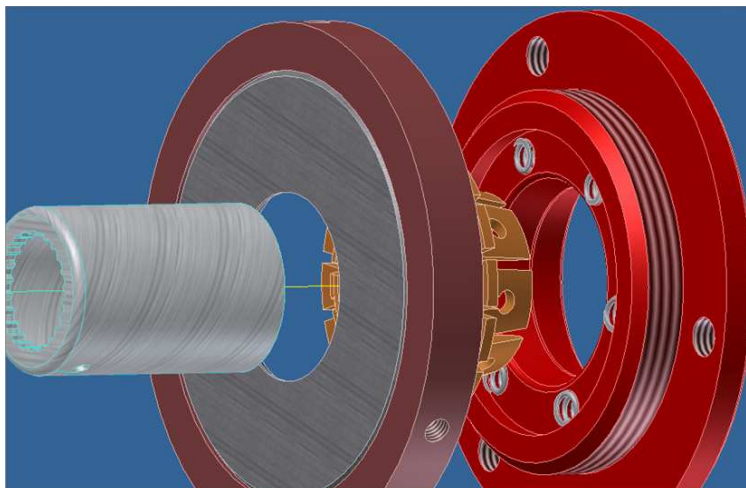
Obr. č. 5.1.2 Řez upínačem za vnější průměr

**2. varianta** – jedná o stejnou konstrukci, jen je vylepšena o přidané zapuštěné pružiny a lem pružiny zde má jinou funkci než zvětšit plochu kontaktu na matici. Lem zde vytváří osazení, na které působí přidané pružiny a napomáhají k uvolnění kleštiny po uvolnění utahovací matice, tudíž nehrozí riziko tzv. zakousnutí kleštiny a je přidána upínací páka, která je na upínací matici zajištěna závrtnými šrouby. Upínací příruba je změněna jen tvarem a uspořádáním otvorů pro dokonalejší ustavení a upnutí přípravku na stroji. Na upínací páku se může působit buď ruční silou nebo pneumatickým či hydraulickým systémem pro poloautomatizaci provozu.

- utahovací páka
- upínací matice
- kleština
- pružiny
- upínací příruba
- polotovar



Obr. č. 5.1.3 Řez upínačem se zapuštěnými pružinami a upínací pákou



Obr. č. 5.1.4 Rozložený upínací přípravek za vnější průměr

U této varianty upínání za vnější průměr součásti jsem přesvědčen, že tento způsob upínání bude pracovat spolehlivě a nenastane zde žádný výraznější problém, který by komplikoval výrobu daných součástí. Konstrukce přípravku je nenáročná a splňuje požadavek jednoho upnutí pro všechny patřičné operace.

**Výhody této varianty:**

- jednoduchá konstrukce
- snadné seřízení
- snadná výroba
- při zmenšení průměru koncovky, výměna jen jiné kleštiny

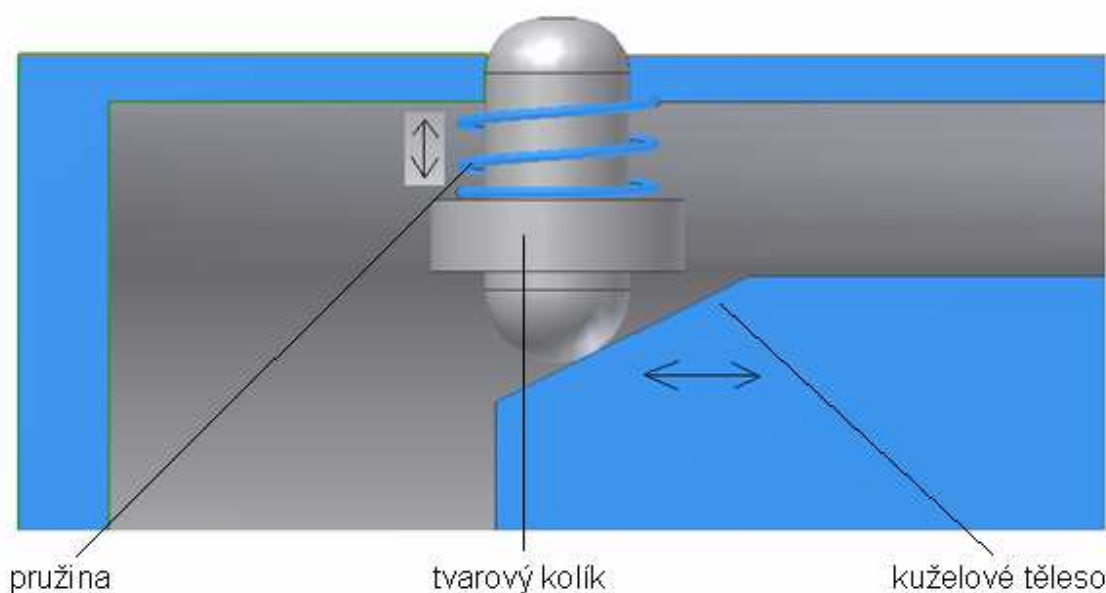
**Nevýhody této varianty:**

- zarovnávací nástroj musí být fréza
- pro každý rozdílný průměr je nutné použít jiný průměr tvarové frézy
- vyšší náklady na nástroje

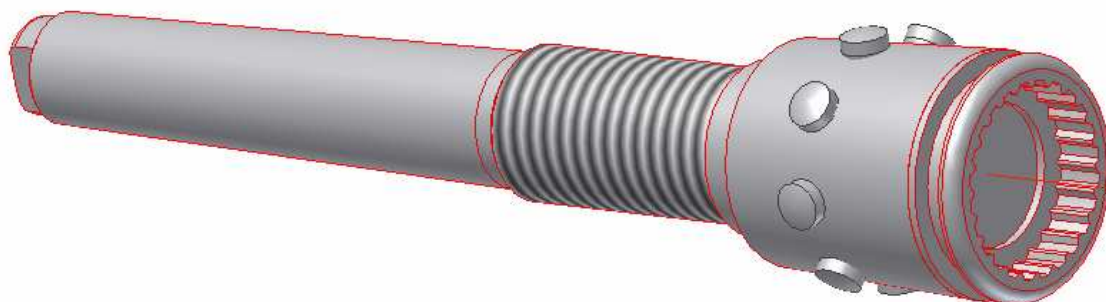
## 5.2 Varianty upnutí za vnitřní průměr polotovaru

Pro upnutí za vnitřní průměr je možné použít rozpínacích trnů různé konstrukce. Já jsem zvolil návrh variant rozpínacích trnů na dvou principech:

**1. varianta** – rozpínání trnu se realizuje pomocí tvarových kolíků, které jsou zapuštěné po obvodě v plášti upínacího trnu. Tyto kolíky se pohybují od osy trnu pomocí kuželového tělesa, na které se působí utahováním matice. Zpětnému pohybu kolíků po uvolnění matice by napomáhaly tlačné pružiny nasunuty na tyto kolíky, které by byly opatřeny osazením, na které by pružiny dosedly a působily zde svojí silou.



Obr. č. 5.2.1 Princip rozpínání kolíků po obvodě trnu



Obr. č. 5.2.2 Upínací trn s rozpínacími kolíky

Zvolený návrh upínání pomocí vysunovacích kolíků z tělesa trnu a jejich princip je možno řešit více způsoby, můžeme si vybrat, jak na tyto elementy působit a zvětšovat tak průměr trnu, který upíná koncovku za vnitřní plášť koncovky. Já jsem navrhl a vymodeloval způsob rozpínání pomocí působení mechanické síly přes upínací matici. Na kolíky by se mohlo působit i nějakým kapalným nebo plynovým médiem s předpokladem ztláčení konstrukce a realizace tohoto provedení.

Zhodnocení výhod a nevýhod pro můj konkrétní případ.

**Výhody této varianty:**

- počet kolíků lze volit na základě obvodu trnu
- snadné seřízení
- jednoduchá konstrukce

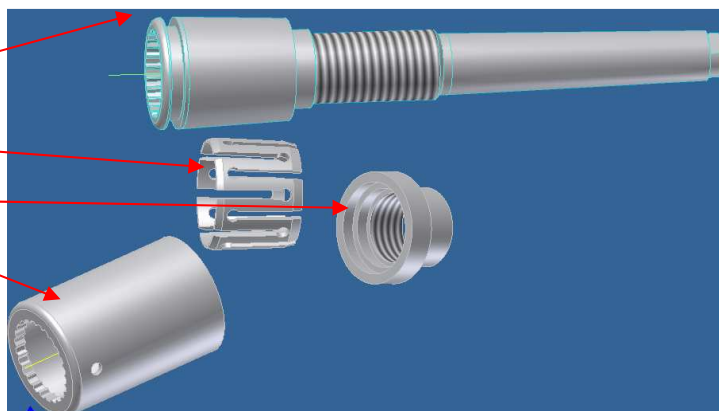
**Nevýhody této varianty:**

- jsme omezeni průměrem trnu, pro který lze tento způsob uplatnit
- nestejněměrné rozložení síly na jednotlivé kolíky (dáno přesností soustavy)
- celý nový trn při změně průměru koncovky
- přesná výroba a úzké tolerance (zdražení výroby)

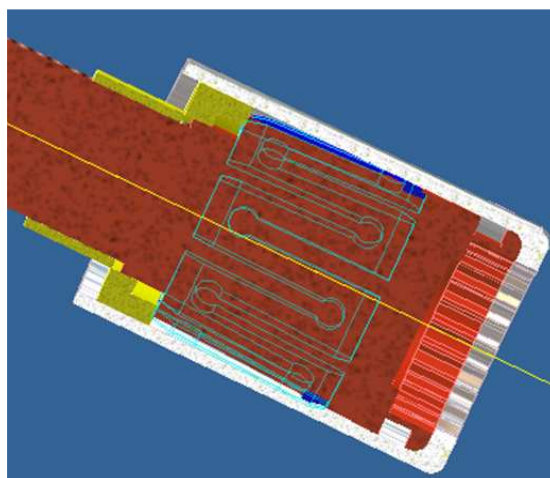
**2. varianta** – rozpínání, tudíž zvětšení průměru trnu, a upnutí za vnitřní průměr koncovky je realizováno pomocí vnitřní rozpínací kleštiny, která je nasunuta na kuželové části trnu. Upínací trn má profilové vybrání na čele trnu, které slouží jako protikus (střížnice) k přesnému vystřížení daného tvaru na čele koncovky, zhotovený zápch v oblasti otvoru v plášti pro prostor vyjetí střížného nástroje a matice je osazená, aby vznikl patřičný prostor mezi trnem a koncovkou pro nájezd a samotné soustružení koncovky na daný rozměr tvarovým nožem.

**Základní díly:**

- profilovaný trn
- kleština
- upínací matice
- hotový výrobek



Obr. č. 5.2.3 Jednotlivé díly upínacího trnu s vnitřní kleštinou



Obr. č. 5.2.4 Řez upínacího trnu s vnitřní kleštinou

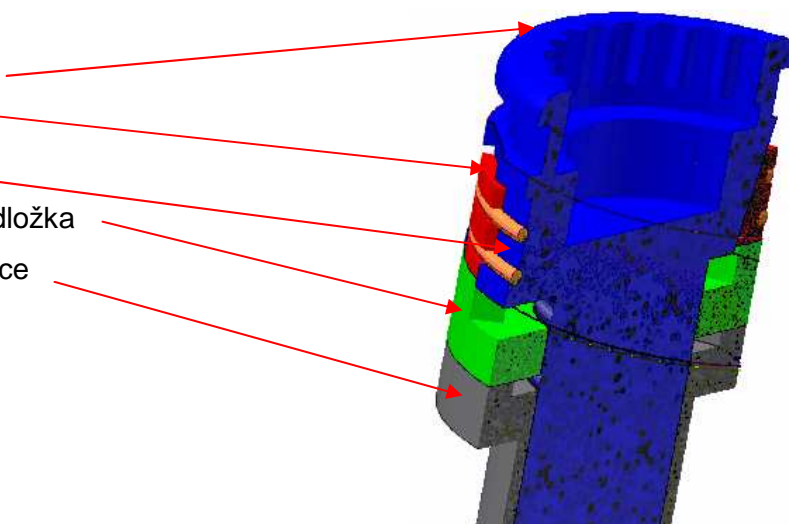


Tato varianta je sice jednoduchá, ale hrozí tu riziko, že při povolení matice zůstane vnitřní kleština zaseknutá na kuželové ploše trnu a nepůjde hotový výrobek z trnu sejmut. Toto riziko je velmi velké, protože vnitřní kleštině nic nenapomáhá ke zpětnému pohybu na kuželové ploše po uvolnění matice.

**3. varianta** – zde je mechanismus rozpínání řešen přes upínací klínové segmenty, které se posouvají po zkosených plochách, které jsou vyfrézovány na profilovém trnu. Na tyto segmenty působí tlačnou silou matice přes profilovou podložku. Pro snadnější návrat segmentů do dolní polohy po uvolnění matice slouží pružiny, které jsou nasazeny do zápichu tvarových posuvných segmentů.

#### Základní díly:

- profilový trn
- segmenty
- pružiny
- profilová podložka
- upínací matice



Obr. č. 5.2.5 Řez upínacího trnu s klínovými segmenty

U této varianty jsem přesvědčen, že bude pracovat spolehlivě a zajistí spolehlivost upnutí. Konstrukce přípravku je náročnější než u varianty při upnutí za vnější průměr. Tento způsob upnutí rovněž splňuje podmínku provedení všech operací na jedno upnutí. Trn se upíná do vřetene pomocí kuželové stopky.

#### Výhody této varianty:

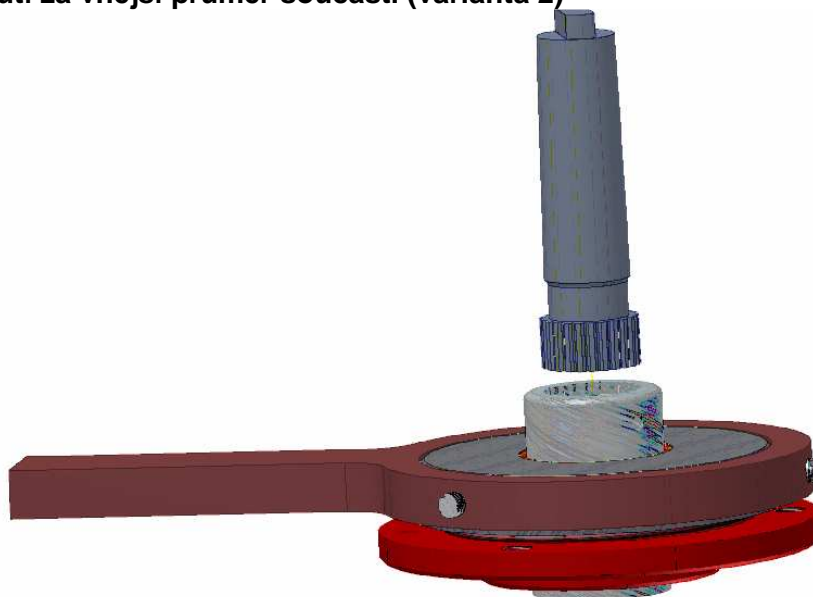
- pro zarovnání koncovky na daný rozměr se použije jednoduchý tvarový soustružnický nůž
- pro jednotlivé průměry koncovek zůstává stejný tvarový nůž
- úspora nákladů na nástroj



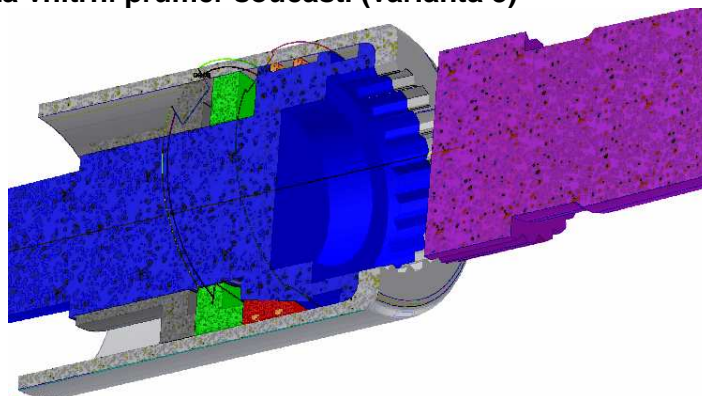
**Nevýhody této varianty:**

- jsme omezeni průměrem
- složitější výroba
- zvýšení nároků konstrukce na přesné polohování
- problematika automatizace upínání přes upínací matici

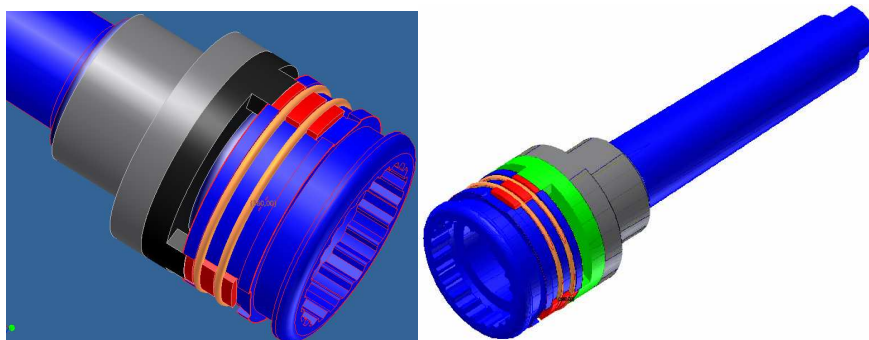
Výsledkem těchto variant návrhů je, že jsem se rozhodl navrhnout a předložit firmě MEZ Mohelnice, s.p. dvě varianty pro vyhodnocení a výběr konkrétní varianty návrhu přípravku, která bude podle jejich požadavků nejpříjemnější a která bude detailně rozpracována pro konstrukční a funkční účely. Byly předloženy dvě varianty i s naznačenými střížníky včetně výkresové dokumentace viz. příloha č.2 - 11.

**1) upnutí za vnější průměr součásti (varianta 2)**

Obr. č. 5.2.6 Sestavený upínací přípravek upínací za vnější průměr koncovky se střížníkem

**2) upnutí za vnitřní průměr součásti (varianta 3)**

Obr. č. 5.2.7 Řez upínacím trnem s klínovými segmenty i se střížníkem



Obr. č. 5.2.8 Sestava upínacího trnu s klínovými segmenty

Konstruktéři a technologové firmy MEZ Mohelnice, s.p. se vyjádřili a rozhodli se pro konečnou verzi přípravku, která řeší upínání za vnější průměr pomocí kleštiny, protože zadávající firma požaduje rozšíření rozměrové řady hydraulických koncovek o výrobky menších průměrů. Z tohoto důvodu byla varianta upínacího trnu zamítnuta, jelikož jsme omezeni rozměrem.

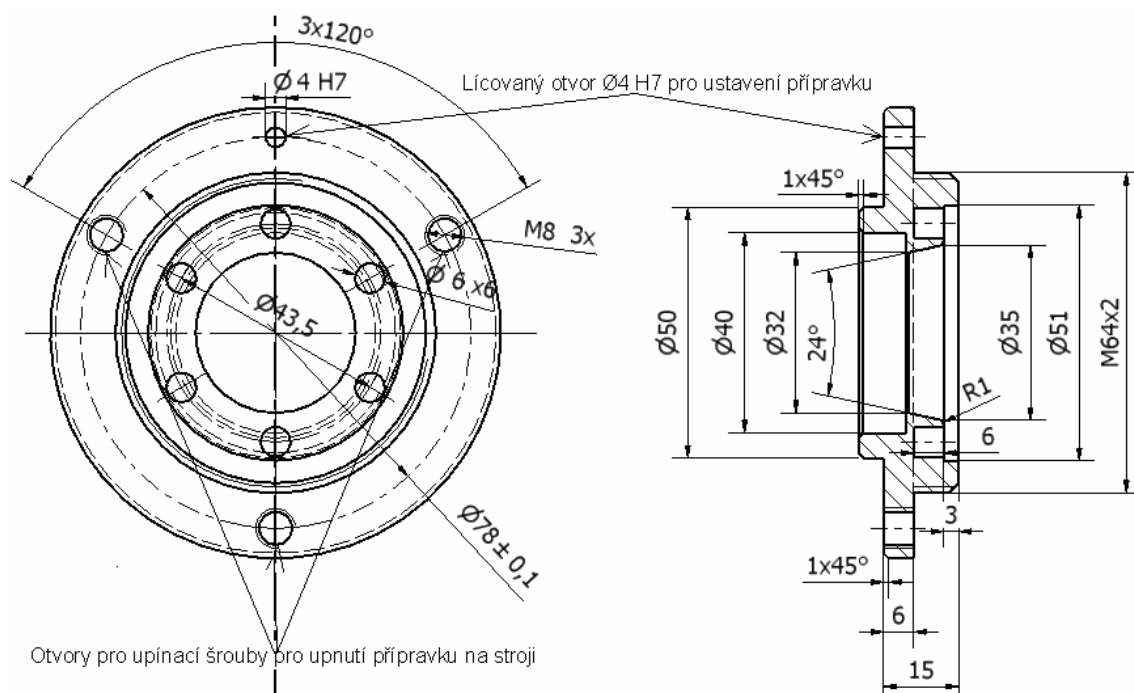
Kdyby rozšíření rozměrové řady vedlo ke zvětšení průměrů nikoliv ke zmenšení, tak by návrh této varianty upínání přes upínací trn rozebírali podrobněji, důkladněji a zvažovaly by se všechny výhody a nevýhody tohoto systému upínání. Převažovala by výhoda z hlediska úspor na pořizování rezného nástroje na obrábění koncovek na daný rozměr. Ze zmíněného důvodu byla tato varianta zamítnuta ještě dříve než se udělala detailní analýza všech ovlivňujících parametrů.

### 5.3 Uložení přípravku na stroji

Přípravek, nástroj a stroj musí při obrábění tvořit společnou jednotku, která musí být během procesu stabilní a neměnná.

- **Ustavení přípravku** – přípravek je na stroji ustaven vystředěním pomocí středícího kolíku uloženého na stroji, na který je nasunuta příruba otvorem  $\varnothing 4 \text{ H7}$  a pomocí otvorů pro šrouby na obvodu příruby.
- **Upnutí přípravku** – přípravek je upnut pomocí normalizovaných šroubů na stroj a tyto šrouby jsou pojištěny kontramaticí.

Toto správné uložení zajišťuje stejnou přesnost výroby součástí.



Obr. č. 5.3.1 Náskres upínací příruby s upínacími otvory pro upínací šrouby

## 6 Popis pracovního cyklu stroje

Stroj, který je konstruován, je doplněn dalšími mechanismy, které realizují pohyby, aby stroj pracoval automaticky bez přítomnosti lidské síly. Zásobník stroje se naplní polotovary koncovek hydraulických hadic a poté je stroj plně automatizován. Polotovary jsou přes vibrační zařízení řazeny do správné polohy k podávacímu mechanismu, který zakládá polotovary do upínacího prostoru, tudíž do kleštiny.

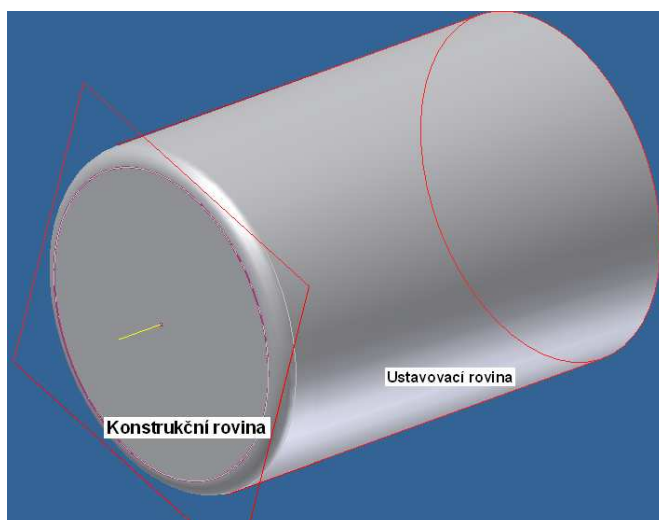
Konstrukční řešení upínání bylo vylepšeno a řeší kvalitnější provedení daných operací.

### 6.1 Ustavovací a upínací roviny

Ustavení obrobku nebo nástroje lze definovat zařazením do jednoznačné požadované polohy, pro provedení operace na příslušném výrobním zařízení či výrobním stroji. Jen správně ustavené obrobky zaručují přesnou výrobu s dodržáním daných tolerancí na výkresu. Zásady správného ustavení součásti v přípravku jsou odvozeny z teorie stupňů volnosti. Vymezením těchto šesti stupňů volnosti je poloha tělesa v prostoru fixována. Vždy nemusíme vymezovat všech šest stupňů volnosti. Kolik stupňů volnosti musíme vymezit určuje technologický postup výroby. [1]

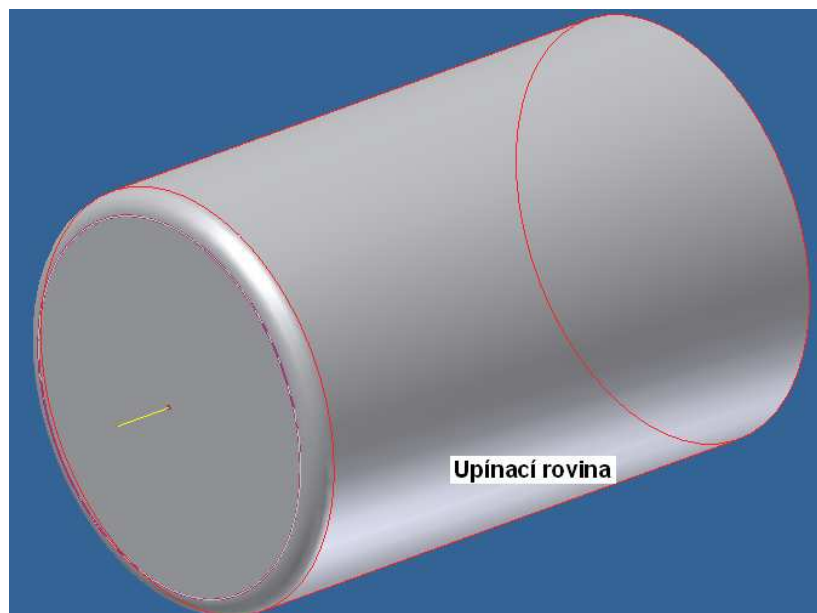
Moje součást je válcového profilu, bude tedy ustavena a upnuta pomocí kleštiny. Po konzultaci s konstruktéry daného výrobního stroje se koncovky budou do pracovní polohy zakládat polohovacím zařízením, a tudíž ustavující rovinu bude určovat princip zakládajícího zařízení.

**Ustavovací rovina** je pro tento případ složena ze dvou rovin, a to z konstrukční roviny a roviny ustavovací. Roviny jsou znázorněny na obr. č. 6.1.1.



Obr. č. 6.1.1 Konstrukční a ustavovací rovina

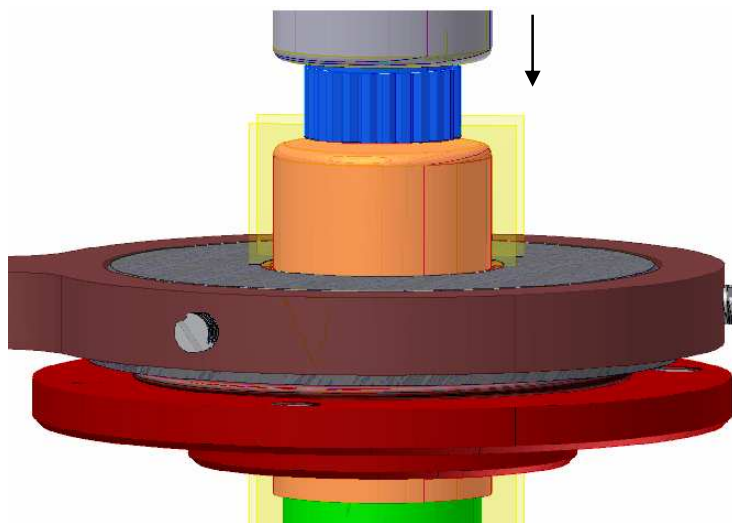
Obrobek je upínán do kleštiny za vnější průměr, tím pádem **upínací rovina** bude rovněž dána vnějším průměrem koncovky, a tedy totožná s rovinou ustavovací.



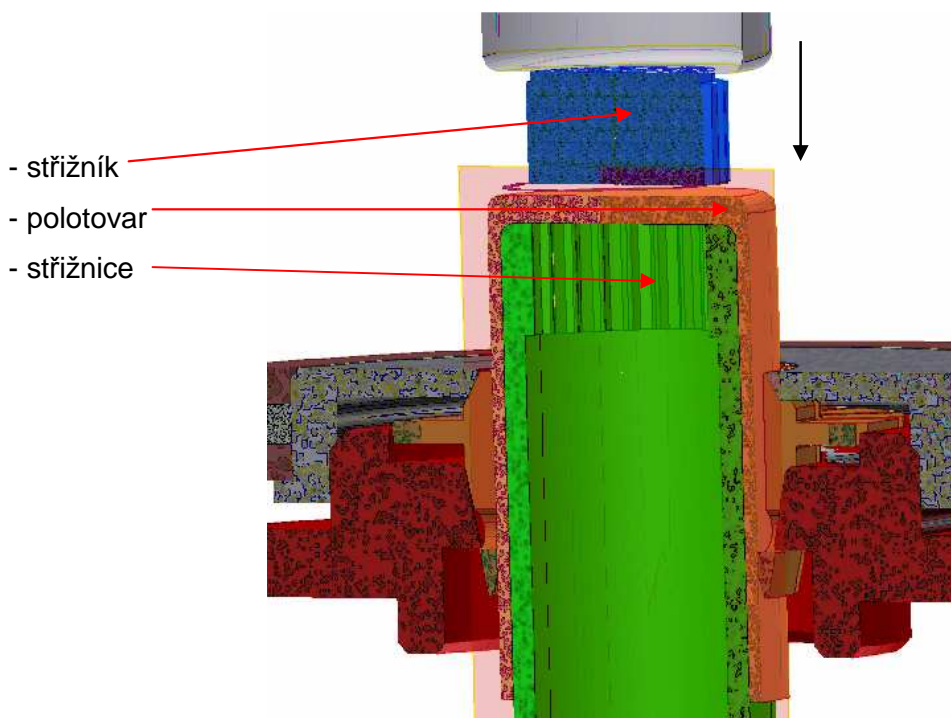
Obr. č. 6.1.2 Upínací rovina

## 6.2 Prostřížení profilového otvoru

Pro přesné prostřížení profilového otvoru se před spuštěním střížníku vsune do koncovky protikus (střížnice) střížníku, aby došlo k přesnému prostřížení daného profilu a nedošlo k deformaci hran profilu. Touto operací se snížila upínací síla na kleštině, jelikož protikus (střížnice) zachytí vysoký podíl střížné síly.



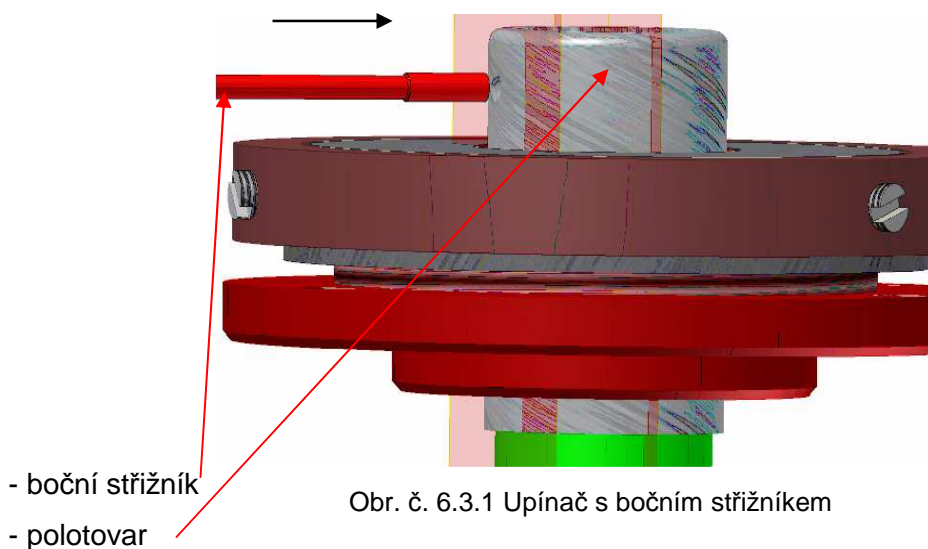
Obr. č. 6.2.1 Sestava upínače a náznak při prostřížení profilového otvoru



Obr. č. 6.2.2 Řez upínačem při prostřížení profilového otvoru

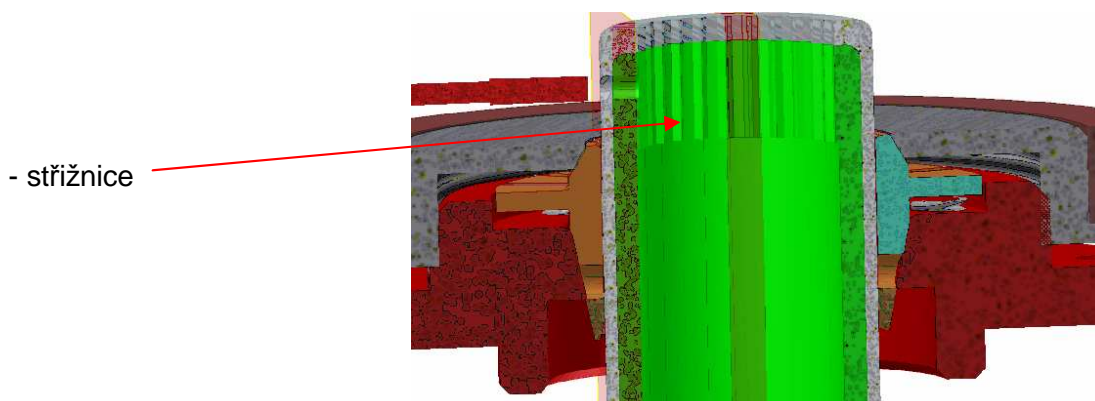
### 6.3 Prostřížení otvoru v plášti koncovky

Prostřížení bylo zvoleno na základě vzniklých problémů při výrobě otvoru vrtáním, jak již bylo zmíněno v kapitole 4.3. I při této operaci je zasunut trn, který má zhotoven otvor v plášti tak, aby tvořil protikus střížníku pro přesné vystřížení otvoru bez otřepů a zvýšil tuhost upnutí.



Obr. č. 6.3.1 Upínač s bočním střížníkem

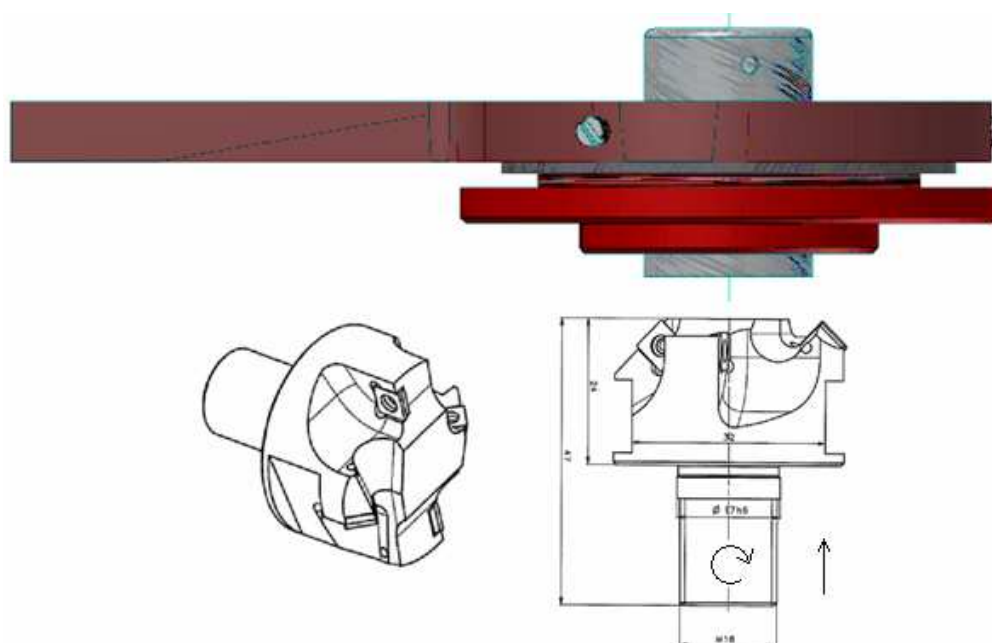




Obr. č. 6.3.2 Řez upínačem při prostřižení otvoru v plášti

## 6.4 Zarovnání koncovky na daný rozměr

Pro tuto operaci se zvolila tvarová fréza s vyměnitelnými břity, která byla dodána a vyrobena firmou ISCAR. Vyměnitelné břitové destičky jsou základní řadou této firmy typu: SOMT 060204-DT



Obr. č. 6.3.3 Upínač a zarovnávací tvarová fréza

Firma ISCAR na základě dodaných informací nástroj vyrobila a dodala přehled cen nástrojů a možnost množstevní slevy při objednávce více kusů.

<b>Název</b>	<b>Srážecí nástroj pro D 25,6 mm</b>			
<b>Min. počet ks</b>	1	2	3	5
<b>Cena za ks</b>	18 480 Kč	11 880 Kč	9 576 Kč	7 920 Kč

## 7 Technické výpočty upnutí

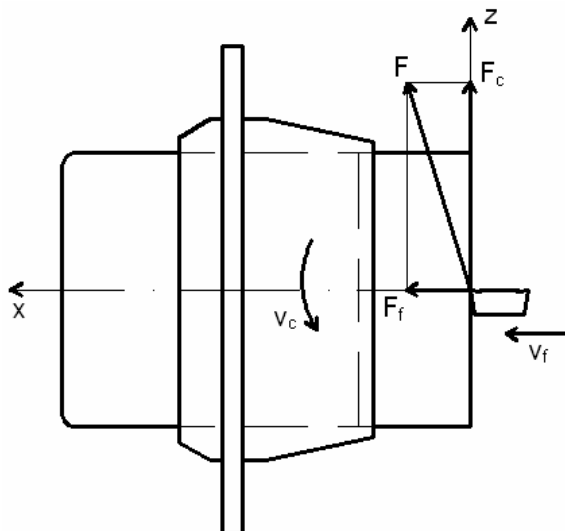
Při zarovnávání hydraulické koncovky je přísuv frézy axiální, tudíž v ose koncovky. Pro tento způsob přísuvu frézy předpokládám, že působení a rozklad sil při obrábění lze ztotožnit se soustružením. Tvarová fréza se skládá ze 4 obráběcích destiček. Dvě z nich zarovnávají čelo koncovky a zbylé 2 zajišťují obrábění vnitřní a vnější hrany koncovky. Na základě této úvahy předpokládám rozložení sil a silové obrazce stejně jako při soustružení, jelikož obráběcí proces je shodný, jako by se realizovalo soustružení čtyřmi soustružnickými noži současně. Je tu jen záměna rotačního pohybu, který nevykonává obrobek ale nástroj. Rozložení a zobrazení silových obrazců musí být vytvořeno pro každou destičku jednotlivě, protože jednotlivé břity přispívají na výpočet výsledné síly v jednotlivých osách rozdílně.

### 7.1 Rozložení sil obrábění

Silové rozložení do jednotlivých os.

#### 1) Dvě destičky zarovnávající čelo koncovky

Tento proces je shodný jako při soustružení čela trubky a podílí se zde jen řezná složka síly  $F_c$  a posuvová složka síly  $F_f$ . Pasivní složka se zde nepodílí  $F_p=0$ .



Obr. č. 7.1.1 Rozklad sil při zarovnání koncovky

Pro výpočet řezné síly vycházím ze vztahu měrné řezné síly, která je vyjádřena jako násobek pevnosti v tahu  $R_m$ . Konstanta úměrnosti je také ovlivňována dalšími parametry – tloušťkou odřezávané vrstvy, řeznou rychlostí, úhlem řezu apod.





$$k_c = C_k \cdot R_m$$

$$k_c = 5 \cdot 150$$

$$k_c = 750$$

$R_m$  – pevnost v tahu v MPa  
 $C_k$  – konstanta

Velikost konstanty  $C_k$  se nejčastěji pohybuje pro následující operace v uvedených rozsazích.

- 3-5.....soustružení
- 3-6.....vrtání
- 4-10.....frézování
- 20-25.....broušení

[7]

Pomocí měrného řezného odporu lze spočítat velikost řezné síly. Mám zvoleny tyto parametry: Počet otáček –  $n = 2000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$

$$\text{Posuv na zub} - f_z = 0,2 \text{ mm}$$

$$\text{Řezná rychlost} - v_c = 177,18 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$F_{c_{1,2}} = k_c \cdot A_D = k_c \cdot h_D \cdot b_D$$

$$F_{c_{1,2}} = 750 \cdot 1,3 \cdot 0,2$$

$$F_{c_{1,2}} = 195 \text{ N}$$

$b_D$  – šířka řezu, nominální šířka třísky v mm  
 $h_D$  – tloušťka řezu, nominální tloušťka třísky v mm

[7]

Kromě tohoto způsobu výpočtu řezné síly lze pro výpočet složek výsledné řezné síly použít též empirické vztahy, které jsou mocninového typu.

$$F_c = c_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}}$$

$$F_f = c_{F_f} \cdot a_p^{x_{F_f}} \cdot f^{y_{F_f}}$$

$$F_p = c_{F_p} \cdot a_p^{x_{F_p}} \cdot f^{y_{F_p}}$$

$c_{F_c}, c_{F_f}, c_{F_p}$  – empirické konstanty  
 $x_{F_c}, x_{F_f}, x_{F_p}, y_{F_c}, y_{F_f}, y_{F_p}$  – empirické konstanty

[7]

Tyto empirické konstanty se pro daný materiál a dané podmínky obrábění získávají experimentálně. Já jsem tyto experimenty neprováděl, jelikož tyto experimenty jsou velmi rozsáhlé a rozsahově by to bylo téma pro další diplomovou práci. Některé konstanty jsem převzal z literatury a dopočítal z daných vzorců.

Pro zarovnání čela koncovky, kdy  $F_p = 0$  platí:

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2}$$

$$F_{c_1} = c_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}}$$

$$195 = c_{F_c} \cdot 1,3^1 \cdot 0,1^{0,75}$$

$$c_{F_c} = 844$$

[7]

$$\begin{aligned}F_{f_1} &= c_{F_f} \cdot a_p^{x_{F_f}} \cdot f^{y_{F_f}} \\F_{f_1} &= 295 \cdot 1,3^{1,2} \cdot 0,1^{0,65} \\F_{f_1} &= 90,5 \text{ N} \\F_1 &= \sqrt{195^2 + 90,5^2} \\F_1 &= 215 \text{ N}\end{aligned} \quad [7]$$

Řezná složka  $F_c$  vyvolává krouticí moment  $M_k$ .

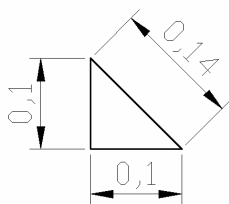
$$\begin{aligned}M_{K_1} &= F_{c_{1,2}} \cdot \frac{D}{2} = 195 \cdot \frac{0,0282}{2} \\M_{K_1} &= 2,75 \text{ N} \cdot \text{m}\end{aligned} \quad [2]$$

Tyto parametry složek sil jsou na obou destičkách, které vykonávají obrobení čela, shodné. Tyto síly se jen znásobí právě 2krát.

$$\begin{aligned}F_{1,2} &= 215 \cdot 2 \\F_{1,2} &= 430 \text{ N} \\M_{K_{1,2}} &= 2,75 \cdot 2 \\M_{K_{1,2}} &= 5,5 \text{ N} \cdot \text{m}\end{aligned}$$

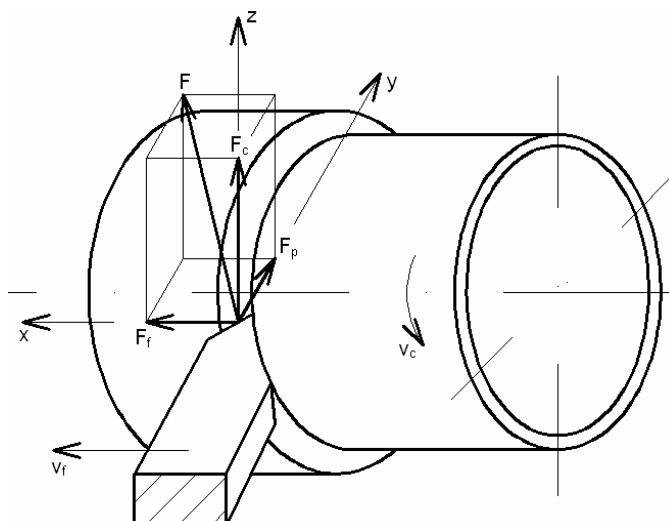
## 2) Destička obrábějící vnější hranu koncovky

Maximální hloubku řezu musíme vypočítat z obrazce hodnoty sražené hrany, která má hodnotu  $0,1 \times 45^\circ$ , pomocí Pythagorovy v ěty.



$$\begin{aligned}c &= \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{0,1^2 + 0,1^2} \\c &= 0,14 \text{ mm}\end{aligned}$$

Maximální hloubka řezu činí 0,14mm a ta je uvedena ve výpočtech. Zde se již projeví do výsledné síly i složka síly pasivní  $F_p$ .



Obr. č. 7.1.2 Rozklad sil při sražení hran koncovky

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_f^2 + F_p^2}$$

$$F_{c_3} = c_{F_c} \cdot a_p^{x_{F_c}} \cdot f^{y_{F_c}}$$

[7]

$$F_{c_3} = 844 \cdot 0,14^1 \cdot 0,2^{0,75}$$

$$F_{c_3} = 35,34 \text{ N}$$

$$F_{f_3} = c_{F_f} \cdot a_p^{x_{F_f}} \cdot f^{y_{F_f}}$$

$$F_{f_3} = 295 \cdot 0,14^{1,2} \cdot 0,2^{0,65}$$

[7]

$$F_{f_3} = 9,8 \text{ N}$$

$$F_{p_3} = c_{F_p} \cdot a_p^{x_{F_p}} \cdot f^{y_{F_p}}$$

$$F_{p_3} = 340 \cdot 0,14^{0,9} \cdot 0,2^{0,75}$$

[7]

$$F_{p_3} = 17,33 \text{ N}$$

$$F_3 = \sqrt{F_{c_3}^2 + F_{f_3}^2 + F_{p_3}^2} = \sqrt{35,34^2 + 9,8^2 + 17,33^2}$$

$$F_3 = 40,56 \text{ N}$$

### 3) Destička obrábějící vnitřní hranu koncovky

Hodnota sražené hrany je rovněž  $0,1 \times 45^\circ$ , tudíž maximální hloubka řezu je také 0,14 mm.

Jelikož výpočet a hodnoty jsou shodné jako při obrábění vnější hrany, uvádím jen hodnoty ale výpočet již nikoliv.

$$F_{c_4} = 35,34 \text{ N}$$

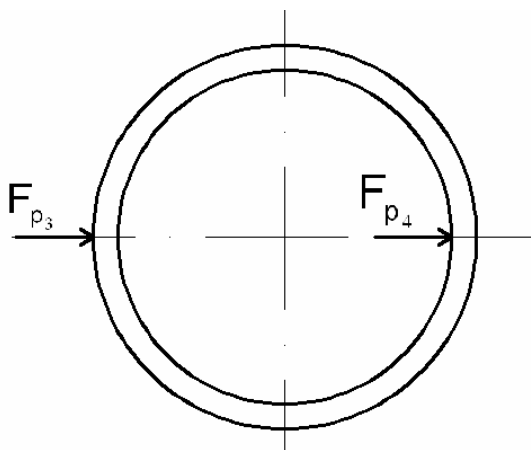
$$F_{f_4} = 9,8 \text{ N}$$

$$F_{p_4} = 17,33 \text{ N}$$

$$F_4 = \sqrt{F_{c_3}^2 + F_{f_3}^2 + F_{p_3}^2} = \sqrt{35,34^2 + 9,8^2 + 17,33^2} \quad [2]$$

$$F_4 = 40,56 \text{ N}$$

Při srážení hran by se mohlo zdát, že se pasivní síly  $F_p$  vzhledem k obrobku vyruší, ale není tomu tak, protože tyto síly by museli působit proti sobě v jednom kvadrantu. Srážecí destičky jsou ale naproti sobě, tudíž v párových kvadrantech a pasivní složky řezné síly se tím pádem sčítají, jak ukazuje obr. č. 7.1.3.



Obr. č. 7.1.3 Pasivní složky sil při srážení hran koncovky

Celkový výsledek je součet dílčích výpočtů.

$$F_{c_c} = F_{c_1} + F_{c_2} + F_{c_3} + F_{c_4} = 195 + 195 + 35,34 + 35,34$$

$$F_{c_c} = 460,7 \text{ N}$$

$$F_{f_c} = F_{f_1} + F_{f_2} + F_{f_3} + F_{f_4} = 90,5 + 90,5 + 9,8 + 9,8$$

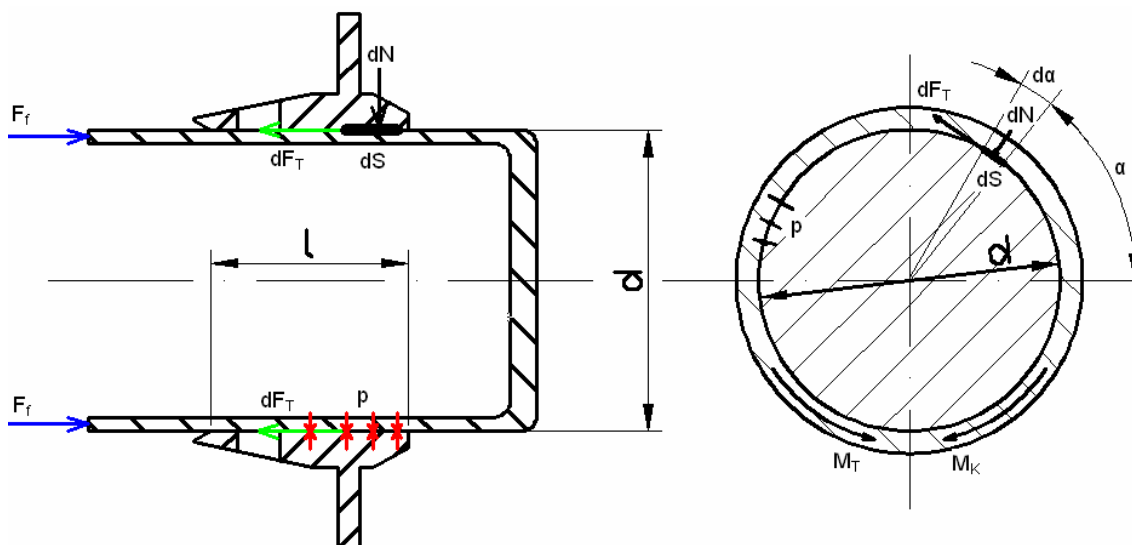
$$F_{f_c} = 200,6 \text{ N}$$

Posuvová řezná síla má hodnotu 200,6 N a řezná složka síly má hodnotu 460,7N, která vyvolává celkový kroutící moment  $M_{Kc}$ .

$$M_{Kc} = F_{c_c} \cdot \frac{D}{2} = 460,7 \cdot \frac{0,0282}{2} \quad [2]$$

$$M_{Kc} = 6,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Proti posuvové síle a kroutícímu momentu musí působit opačné síly, které zajistí stabilitu, pevnost a přesnost upnutí. Jsou to síly a kroutící moment třecí, které musí být vytvořeny pomocí sevření kleštiny.



Obr. č. 7.1.4 Tlak a třecí síly mezi kleštinou a koncovkou

Únosnost spoje je dána třecími účinky  $F_T$  a  $M_T$ . Element třecí síly je:

$$dF_{Ta} = dN \cdot f = p \cdot dS \cdot f = p \cdot \frac{d}{2} \cdot d\alpha \cdot l \cdot f \quad [3]$$

Za zjednodušujícího předpokladu rovnoměrného rozložení tlaku  $p = \text{konst.}$  a součinitele smykového tření  $f = \text{konst.}$  po celé stykové ploše je třecí síla:

$$F_{Ta} = p \cdot \frac{d}{2} \cdot l \cdot f \cdot \int_0^{2\pi} d\alpha \quad [3]$$

Podobně element třecího momentu je:

$$dM_T = dF_T \cdot \frac{d}{2} = dN \cdot f \cdot \frac{d}{2} = p \cdot dS \cdot f \cdot \frac{d}{2} = p \cdot \frac{d}{2} \cdot d\alpha \cdot l \cdot f \cdot \frac{d}{2} = p \cdot \frac{d^2}{4} \cdot d\alpha \cdot l \cdot f \quad [3]$$

Třecí účinky vypočítáme z podmínek přenosu zatížení třením

$$k \cdot F_f \leq F_{Ta} \quad k - \text{koeficient bezpečnosti proti prokluzu. Volím } k=2,5 \text{ z důvodu}$$

$$2,5 \cdot 200,6 \leq F_{Ta} \quad \text{působení odstředivé síly.}$$

$$F_{Ta} \geq 501,5 \text{ N}$$

$$k \cdot M_K \leq M_T$$

$$2,5 \cdot 6,5 \leq M_T$$

$$M_T \geq 16,25 \text{ N} \cdot \text{m}$$

[3]

Pro výpočet tlaku mezi obrobkem a kleštinou vycházím ze vzorce pro výsledný třecí moment, jelikož hodnota kroutícího momentu je větší než hodnota posuvové síly.

Výsledný třecí moment je:

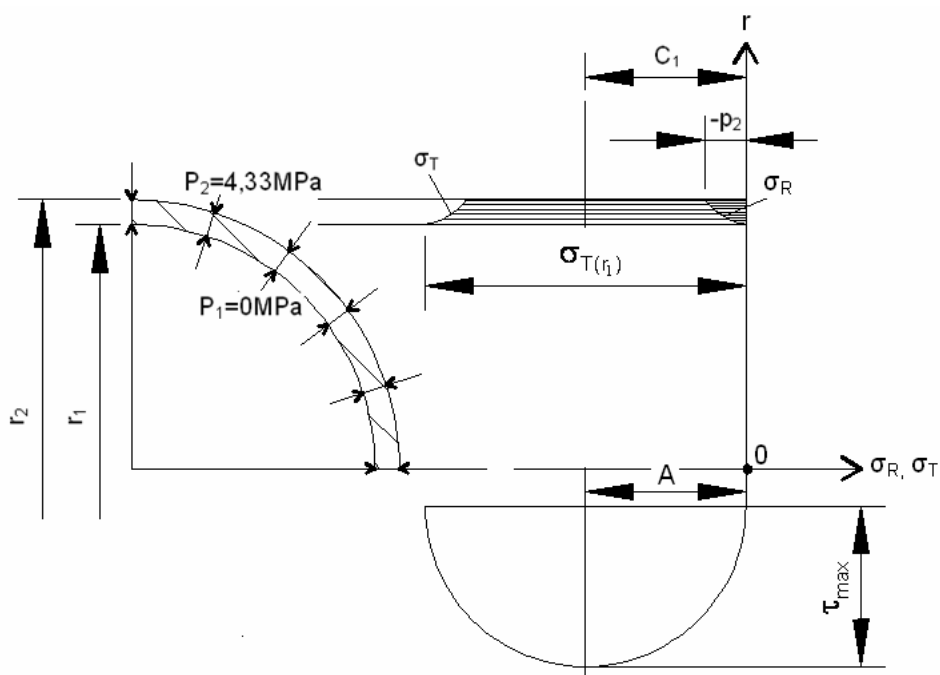
$$M_T = p \cdot \frac{d^2}{4} \cdot l \cdot f \cdot \int_0^{2\pi} d\alpha = p \cdot \frac{d^2}{2} \cdot l \cdot f \cdot \pi$$

$$p = \frac{M_T}{\frac{d^2}{2} \cdot l \cdot f \cdot \pi} = \frac{16,25}{\frac{0,0282^2}{2} \cdot 0,02 \cdot 0,15 \cdot \pi} = 4336802,7 \text{ Pa} \quad [3]$$

$$p = 4,33 \text{ MPa}$$

Z působících tlaků lze vypočítat plastickou deformaci koncovky, která se projeví zmenšením průměru. Spoj si můžeme představit jako nalisované nádoby. Z pevnosti pružnosti jsem vypočetl zmenšení průměru.

Předpokládám, že spoj je jako nádoba zatížena vnějším přetlakem.



Obr. č. 7.1.5 Rozložení napětí

$$\sigma_R = A \mp \frac{B}{r^2} \quad [4]$$

$$\sigma_T = A \pm \frac{B}{r^2}$$

Okrajové podmínky:

$$r = r_1 \Rightarrow \sigma_{r(r_1)} = 0 = A - \frac{B}{r_1^2}$$

$$r = r_2 \Rightarrow \sigma_{r(r_2)} = -p_2 = A - \frac{B}{r_2^2} \quad [4]$$



Odtud:

$$A = \frac{-p_2 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{-4,33 \cdot 10^6 \cdot 0,0141^2}{0,0141^2 - 0,0128^2}$$

$$A = -24,61 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

[4]

$$B = \frac{-p_2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot r_1^2 \cdot r_2^2 = \frac{-4,33 \cdot 10^6}{0,0141^2 - 0,0128^2} \cdot 0,0128^2 \cdot 0,0141^2$$

$$B = -0,004 \cdot 10^6 \text{ N}$$

Guestova podmínka pevnosti:

$$\tau_{\max} \leq \tau_D,$$

$$\frac{\sigma_{T(r_1)}}{2} \leq \frac{\sigma_D}{2},$$

tedy :

[4]

$$\left| A + \frac{B}{r_1^2} \right| \leq \sigma_D$$

$$\frac{-p_2 \cdot r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} + \frac{-p_2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{r_1^2 \cdot r_2^2}{r_1^2} \leq \sigma_D$$

Změna rozměru  $r_2$  po zatížení tlakem  $p_2$ . Poměrná deformace ve směru obvodu:

$\varepsilon_T = \frac{u}{r}$  na poloměru  $r_2$  je přemístění  $u = \Delta r_2$ . Z Hookeova zákona:

$$\varepsilon_{T(r_2)} = \frac{1}{E} [\sigma_{T(r_2)} - \mu \cdot \sigma_{R(r_2)}] = \frac{\Delta r_2}{r_2}$$

tudíž

[4]

$$\Delta r_2 = \varepsilon_{T(r_2)} \cdot r_2 = \frac{1}{E} \left[ A + \frac{B}{r_2^2} - \mu \cdot (-p_2) \right] \cdot r_2$$

kde

$$A = -24,61 \cdot 10^6 \text{ Pa}$$

$$B = -0,004 \cdot 10^6 \text{ N}$$

dosazení

[4]

$$\Delta r_2 = \frac{1}{70000} \left[ -24,61 \cdot 10^6 + \frac{-0,004 \cdot 10^6}{0,0141^2} - 0,3 \cdot (-4,33 \cdot 10^6) \right] \cdot 0,0141$$

$$\Delta r_2 = -8,7 \text{ } \mu\text{m} = -0,0087 \text{ mm}$$

Vnější poloměr  $r_2$  se vlivem tlaku zmenší o -0,0087 mm.

## 7.2 Upínací síly

Při volbě druhu upínání je nutné přihlížet k silám, které má daný upínací přípravek zachytit. Při obrábění jsou to hlavně řezné síly. Mezi vnější síly, ze kterých se vychází při výpočtech, volbě a konstrukci upínacích prvků, patří hlavní řezné síly, posuvové síly, případně jejich momenty. Při obrábění se velikost řezných sil mění, a to od proměnného průřezu třísky, otupení nástroje, přerušovaného řezu a jiných. Než začneme konstrukcí upínacích prvků, musíme si ujasnit, jak bude upínací síla  $F_u$  působit. Zda působí ve stejném směru s řeznými silami, nebo zda jsou na sebe kolmé. V našem případě jsou síly na sebe kolmé, a tedy reakce  $F_t$  je třecí silou, která je funkcí síly upínací  $F_u$ . Platí podmínka statické rovnováhy  $F_t = F_{vp}$ . Výpočtová síly  $F_{vp}$  je násobkem složky hlavní řezné síly  $F_c$ . Její velikost se určí dle vztahu  $q_1$ .

$$F_{vp} = q_1 \cdot q_2 \cdot F_c$$

$$F_{vp} = 1,2 \cdot 2 \cdot 460,7$$

$$F_{vp} = 1105,7 \text{ N}$$

rázový součinitel ( $q_1$ )	operace
1,2	soustružení vrtání,
1,4	frézování
1,6	broušení,
1,8	hoblování, obrážení

[1]

Výpočetní upínací sílu kleštiny vypočítáme z momentové věty:

$$F_u \cdot \mu_2 \cdot r_2 = F_{vp} \cdot r_1$$

$$F_u = \frac{F_{vp} \cdot r_1}{\mu_2 \cdot r_2} = \frac{1105,7 \cdot 14,1}{0,2 \cdot 14,1}$$

[1]

$$F_u = 5528,5 \text{ N}$$

Síla upínací nám zaručuje pevné upnutí mezi obrobkem a kleštinou. Jenže ovládací síla  $F_o$  musí být větší, a to o sílu, která vyvolá pružnou deformaci segmentů kleštiny. Tudíž je za potřebí přídavné síly  $F_1$ , aby segmenty vymezily vůli mezi obrobkem a kleštinou, a začala se uplatňovat upínací síla. Síla ovládací se tedy skládá ze síly upínací  $F_u$  a přídavné síly  $F_1$  na deformaci segmentů kleštiny. [1]

### Materiálové hodnoty oceli 1.7102, ze které je kleština vyrobena

Vhodná na namáhané pružiny pro automobily, železniční vozy, obložení aktivních stavebních částí a zemědělských strojů. Svařitelnost obtížná. [8]

#### Chemické složení:

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Fe
0,5-0,6 %	0,6-0,8 %	1,3-1,6 %	0,04 %	0,04 %	0,5-0,7 %	0,50 %	0,30 %	95,43-96,23 %





**Pevnost v tahu  $R_m$ :** 880 MPa

**Tažnost:** 14%

**Modul pružnosti v tahu:**  $E = 200 \text{ GPa}$

**Modul pružnosti ve smyku:**  $G = 78,5 \text{ GPa}$

[9]

$$F_o = F_u + F_l \quad [1]$$

kdy

$$F_l = \frac{3 \cdot E \cdot J_s \cdot f_c}{L^3} \quad [1]$$

$E$  - modul pružnosti materiálu kleštiny

$J_s$  – moment setrvačnosti segmentu

$L$  - délka zářezu segmentu do středu kužele

$f_c$  – celkový průhyb segmentu

$$J_s = \frac{(R^4 - r^4) \cdot 1,48}{4} - a^2 \cdot A$$
$$J_s = \frac{(0,0175^4 - 0,01415^4) \cdot 1,48}{4} - 0,0141^2 \cdot 0,0000349 \quad [1]$$

$$J_s = 0,013 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$F_l = \frac{3 \cdot 211 \cdot 10^6 \cdot 0,013 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 \cdot 10^{-3}}{0,012^3} \quad [1]$$

$$F_l = 225,7 \text{ N}$$

Kleština se skládá z 8 segmentů. Celková deformační síla kleštiny se tedy násobí počtem segmentů  $n \cdot F_l = 8 \cdot 225,7 = 1805,6 \text{ N}$ . [1]

Ovládací síla je tedy dána součtem síly upínací a síly přídavné na deformaci kleštiny.

$$F_o = F_u + F_l = 5528,5 + 1805,6$$
$$F_o = 7334,1 \text{ N} \quad [1]$$

## 8 Ekonomické zhodnocení

Moje ekonomické zhodnocení se nezabývá detailními rozbory investičních a nákladových potřeb z důvodu absence potřebných údajů.

Já jsem provedl jen zhodnocení z hlediska úspor času a zvýšení produktivity práce. Již výše zmíněné operace by se musely provádět na třech různých strojích. Zavedením a vyrobením speciálního poloautomatického stroje je úspora a snížení potřebných používaných strojů ze tří na jeden konkrétní stroj. Potřeba např. těchto strojů:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{Lis} \\ \text{Frézka, soustruh} \\ \text{Vrtačka, lis} \end{array} \right\}$	speciální jednoúčelový stroj
--	------------------------------

To s sebou nese rovněž snížení počtu lidí obsluhující tyto stroje. Tito pracovníci mohou být využiti se svými stroji k určité práci jiného typu. Peněžní úspory by se prováděly na znalostech ceny pracovní hodiny konkrétního stroje s porovnáním stávajícího konceptu. Jelikož tento stroj je ve výrobě, nelze tuto variantu vykalkulovat a zpracovat patřičné údaje. Pokusím se zhodnotit a udělat analýzu na úsporu času při procesu obrábění a hlavní úspory při upínání koncovky, které se zkrátí v důsledku nepřepínání obrobku mezi jednotlivými operacemi.

Tento stroj je rozdělen do šesti pracovních poloh v kruhovém uspořádání:

1. základací poloha
2. prostřihování čelního otvoru
3. prostřihování bočního otvoru
4. zarovnání koncovky
5. volná poloha
6. vykládací poloha.



Obr. č. 8.1 Pracovní polohy stroje

Takto zavedenými a sladěnými pracovními polohami je čas odchodu hotového výrobku dán taktem stroje. Stroj bude seřízen a pracovat tak, aby jednotlivé operace trvaly patřičně stejnou dobu. Při zkušebním provozu byl změřen čas odchodu jednotlivých hotových výrobků, který se pohybuje kolem **8,5 sekund**, čehož u použití konvenčních strojů s klasickými upínacími zařízeními nejsme schopni dosáhnout.

Při způsobu použití tří základních strojů by produktivitu práce určovala operace, která by se prováděla nejdéle. V tomto případě by to byla operace zarovnávání koncovky na požadovaný rozměr, a to buď na soustruhu či frézce.

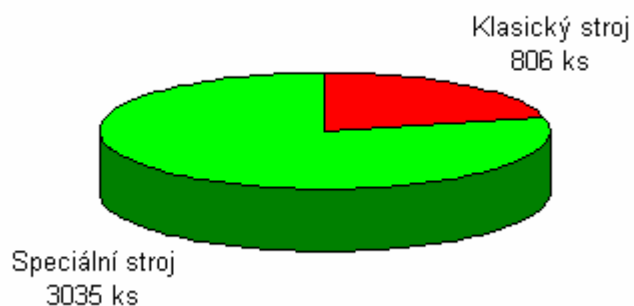
Časový fond dělníka za směnu je 7,5 hodiny a musíme přihlédnout k osobním přestávkám na uspokojení lidských potřeb. Uvažují-li o snížení pracovního fondu dělníka o 20 minut za směnu, je tedy časový fond dělníka **430** minut. Při stanovení stejných řezných podmínek na klasickém stroji a na stroji jednoúčelovém bude hlavní výrobní čas stejný. Velkou měrou se zde však promítne čas vedlejší, a to na ustavení a upnutí obrobku. V našem případě je čas vedlejší násobně větší než čas hlavní výrobní.

Po nahlédnutí do orientačních norem by se čas upínání a odepínání se středěním, jelikož musíme tento díl střeďit, pohyboval okolo 25 sekund. Celkový čas na vyrobení hotového výrobku by tedy byl dán součtem hlavního a vedlejšího výrobního času.

	Klasický stroj	Speciální stroj
Hlavní výrobní čas	7 sekund	7 sekund
Vedlejší výrobní čas	25 sekund	1,5 sekund
Celkový výrobní čas	32 sekund	8,5 sekund

Srovnám produktivitu práce za směnu při použití klasického obráběcího stroje a speciálního jednoúčelového poloautomatického stroje. Budu uvažovat stejný časový fond za směnu jak pro dělníka, tak pro stroj. Časový fond uvažuji výše zmíněných 430 minut.

(časový fond 430 min)	Produktivita hotových koncovek za směnu [ks]
<b>Klasický stroj</b>	806
<b>Speciální stroj</b>	3035



Obr. č. 8.2 Graf produktivity práce

Z tabulky a grafu je patrné, že při použití speciálního poloautomatického stroje se produktivita zvýší 3,76krát.



## 9 Závěr

Po odstranění všech problémů s konstrukcí a i návrhem upínacího přípravku se podařilo zajistit vhodný upínací přípravek, který plní všechna kritéria na něj kladená. Umožňuje provedení všech operací při jednom upnutí bez jakéhokoliv dalšího přepínání a manipulování. Stroj byl zkonstruován do kruhového pracovního prostoru se 6 operačními polohami. Je to částečně stavebnicový stroj, takže záměna nebo změna některé z pracovních jednotek je možná. Na stroji je jedna poloha tzv. „volná“. Je tu jen z důvodu přesného polohování po určitém stupni a z důvodu případné potřeby dodání další operace, která by se měla provádět na daném výrobku, je možno tuto operaci přiřadit právě na tuto volnou pozici.

Pro návrh upínacího přípravku jsem vycházel z největší rozměrové řady koncovky, která byla detailně zpracovaná a vypočítaná. U jiných velikostních řad by se postupovalo obdobně. Upínací přípravek se podařilo standardizovat pro všechny rozměrové řady koncovek a při změně rozměru se do přípravku vloží jen kleština příslušného průměru.



## **Poděkování**

Mockrát děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi z Katedry obrábění a montáže VŠB-TU Ostrava za podněty k řešení práce, kritické posouzení technické i formální stránky diplomové práce. Dále děkuji Marku Zapletalovi a jeho kolegům z MEZ Mohelnice s.p. za odborné rady technického směru a osobní ochotu při vzniklých problémech.

## Seznam použité literatury

- [1] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje*. 2. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1991. 184 s.
- [2] BILÍK, Oldřich. *Obrábění II – 1.díl. Fyzikálně mechanické zákonitosti procesu obrábění*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1994, 138 s. ISBN 80-7078-228-5.
- [3] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [4] FUXA, Jan – ADÁMKOVÁ, Ludmila. *Sbírka příkladů z pružnosti a pevnosti II – 1.část*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2007. 147 s. ISBN 978-80-248-1288-5.
- [5] LENERT, Jiří. *Pružnost a pevnost II*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 1998. 173 s. ISBN 80-7078-572-1.
- [6] HLUCHÝ, Miroslav – HANĚK, Václav. *Strojírenská technologie 2 – 2. díl Koroze, základy obrábění, výrobní postupy*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2001. 176 s. ISBN 80-7183-245-6.
- [7] MÁDL, Jan, et al. *Technologie obrábění – 1.díl*. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2000. 79 s.
- [8] LEINVEBER, Jan – VÁVRA, Pavel. *Strojírenské tabulky – druhé doplněné vydání*. 1.vyd. Úvaly: Albra, 2003. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.

## Elektronické zdroje

- [9] Ocel konstrukční a nástrojová [online]. [cit. 2010-03-03]. URL:  
< <http://www.metal-centrum.cz/metal/default.asp?itemID=6&itemTitle=Ocel> >
- [10] Hliníkové profily [online]. [cit. 2010-02-17]. URL:  
< [http://www.alucad.cz/public/var/files/file\\_10.pdf](http://www.alucad.cz/public/var/files/file_10.pdf) >
- [11] Tváření za studena [online]. [cit. 2010-02-17]. URL:  
< <http://www.strojnilyceum.wz.cz/maturita/tep/tep13-r.pdf> >



## Seznam příloh

- Příloha č. 1 Výrobní výkres součásti - název výkresu - **Hydraulická koncovka**
- Příloha č. 2 Výrobní výkres součásti - název výkresu - **Upínací příruba**
- Příloha č. 3 Výrobní výkres součásti - název výkresu – **Kleština Ø28,3mm**
- Příloha č. 4 Výrobní výkres součásti - název výkresu - **Upínací matice**
- Příloha č. 5 Výrobní výkres součásti - název výkresu - **Upínací rameno**
- Příloha č. 6 Výrobní výkres součásti - název výkresu - **Upínací hlava**
- Příloha č. 7 Výrobní výkres součásti - název výkresu – **Klínová hřídel**
- Příloha č. 8 Výrobní výkres součásti - název výkresu - **Upínací klín**
- Příloha č. 9 Výrobní výkres součásti - název výkresu – **Tlačná podložka**
- Příloha č. 10 Výrobní výkres součásti - název výkresu - **Matice**
- Příloha č. 11 Výrobní výkres součásti - název výkresu - **Upínací trn**